

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

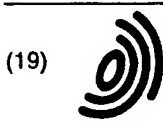
Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**



(19)

Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

**EP 0 869 519 A1**

(12)

**DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:  
07.10.1998 Bulletin 1998/41

(51) Int Cl.<sup>6</sup>: H01H 1/00

(21) Numéro de dépôt: 98400763.3

(22) Date de dépôt: 31.03.1998

(84) Etats contractants désignés:  
AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC  
NL PT SE  
Etats d'extension désignés:  
AL LT LV MK RO SI

(72) Inventeurs:  
• Fullin, Enzo  
75116 Paris (FR)  
• Vuilleumier, Raymond  
75116 Paris (FR)

(30) Priorité: 01.04.1997 FR 9703961

(74) Mandataire: Ballot, Paul Denis Jacques  
Cabinet Ballot-Schmit,  
7, rue Le Sueur  
75116 Paris (FR)

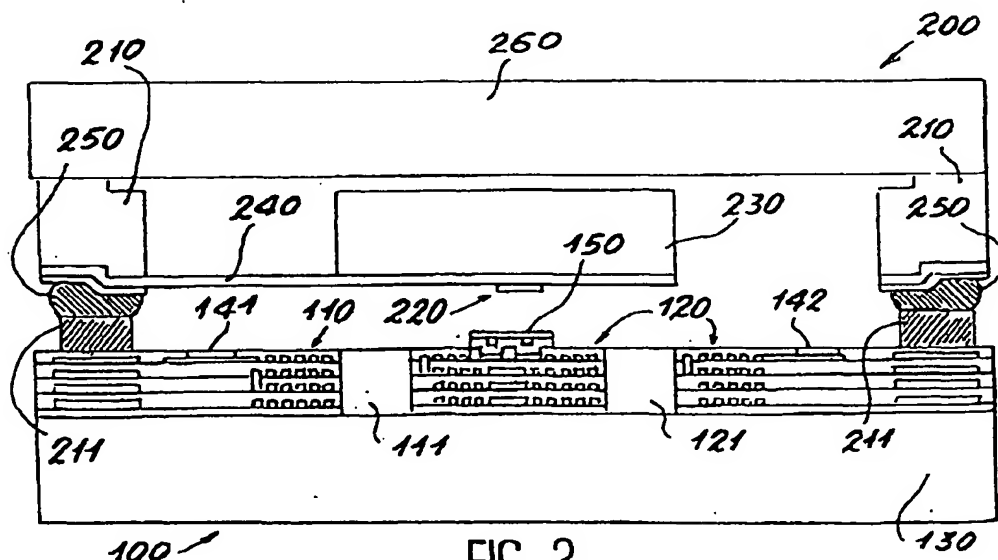
(71) Demandeur: C.S.E.M. CENTRE SUISSE  
D'ELECTRONIQUE ET DE MICROTECHNIQUE  
SA  
2007 Neuchâtel (CH)

**(54) Moteur planaire magnétique et micro-actionneur magnétique comportant un tel moteur**

(57) Moteur planaire magnétique (100), caractérisé en ce qu'il comporte une pluralité de pôles magnétiques (111, 121) en matériau ferromagnétique placés au centre de bobines planaires (110, 120) constituées d'au moins une couche de spires réalisées en surface d'un

substrat (150) en matériau ferromagnétique, lesdites spires étant bobinées et connectées entre elles de manière à additionner les flux magnétiques générés par lesdits pôles magnétiques (111, 121).

L'invention est applicable à la réalisation de moteurs et de micro-actionneurs magnétiques.

**FIG. 3****EP 0 869 519 A1**

## Description

La présente invention concerne un moteur planaire magnétique ainsi qu'un micro-actionneur comportant un tel moteur.

L'invention trouve une application particulièrement avantageuse dans le domaine des actionneurs, comme par exemple les micro-vannes, les micro-relais, les micro-moteurs et plus généralement tous les micro-systèmes ayant une fonction de mouvement.

Jusqu'à présent, la plupart des micro-actionneurs existants fonctionnent sur les principes de l'actionnement électrostatique, piézo-électrique ou thermique. Par contre, le domaine des micro-actionneurs magnétiques reste encore peu exploité.

Ceci peut être expliqué par le fait que les technologies permettant de réaliser des dispositifs magnétiques efficaces sont relativement récentes, notamment la maîtrise des couches épaisses avec "aspect ratio", ou rapport de la hauteur à la largeur, élevé.

D'autre part, on peut constater que les micro-actionneurs existants de type relais ne sont pas entièrement satisfaisants, en particulier les courants nécessaires pour l'actionnement sont souvent relativement élevés par le fait que le nombre de spires des bobines qui les constituent est petit.

Aussi, un premier problème technique à résoudre par l'objet de la présente invention est de proposer un moteur planaire magnétique qui permettrait d'augmenter la force magnétique développée tout en gardant une surface raisonnable.

La solution à ce premier problème technique consiste, selon la présente invention, en ce que ledit moteur planaire magnétique comporte une pluralité de pôles magnétiques en matériau ferromagnétique placés au centre de bobines planaires constituées d'au moins une couche de spires réalisées en surface d'un substrat en matériau ferromagnétique, lesdites spires étant bobinées et connectées entre elles de manière à additionner les flux magnétiques générés par lesdits pôles magnétiques.

Ainsi, en augmentant le nombre de pôles, deux par exemple ainsi que le nombre de couches de spires par bobine, on peut augmenter le nombre effectif  $N$  de spires du moteur planaire magnétique de l'invention, et par conséquent la force magnétique, proportionnelle à  $I^2 (N_1 + N_2)^2$ ,  $I$  étant le courant traversant lesdites spires et  $N_1$  et  $N_2$  désignant le nombre de spires des première et deuxième bobines, tout en conservant une surface acceptable pour le dispositif.

Un deuxième problème technique à résoudre par l'objet de la présente invention est de proposer un micro-actionneur magnétique comportant un moteur planaire magnétique selon l'invention, qui présenterait notamment un élément mécanique mobile compact afin de réduire la taille du système.

La solution au deuxième problème technique posé consiste, selon la présente invention, en ce que ledit mi-

cro-actionneur magnétique comprend également un élément mécanique à contact mobile, comportant un cadre-support placé sur ladite surface du substrat magnétique par l'intermédiaire d'un espaceur, une lame flexible disposée sensiblement parallèlement à la surface dudit substrat et dont une extrémité est fixée audit cadre-support, un noyau en matériau ferromagnétique porté par ladite lame flexible, et un contact mobile solidaire dudit noyau ferromagnétique, situé en regard d'un contact fixe aménagé sur la surface du substrat dudit moteur planaire magnétique.

Le micro-actionneur magnétique conforme à l'invention présente un certain nombre d'avantages. D'une part, il constitue un dispositif miniature et planaire peu encombrant avec possibilité d'y adjoindre un circuit intégré. D'autre part, l'épaisseur de l'espaceur permet de contrôler directement la tension d'isolation du micro-actionneur agissant comme relais. De plus, les contacts mobile et fixe peuvent être réalisés en couche mince et intégrée.

Selon un premier mode de réalisation de micro-actionneur magnétique de l'invention, ledit espaceur est réalisé par dépôt à la surface du substrat du moteur planaire magnétique d'un matériau conducteur, ledit cadre-support étant rapporté sur ledit espaceur par l'intermédiaire de protubérances conductrices.

Le mode de réalisation met en oeuvre la technologie dite de la "puce retournée" (flip-chip en anglosaxon), bien connue dans le domaine de la connectique des pastilles semi-conductrices, ou "puces".

Selon un deuxième mode de réalisation de micro-actionneur magnétique de l'invention, ledit espaceur est en matériau isolant et intégré audit cadre-support, ladite lame flexible étant conductrice et électriquement reliée à la surface du substrat du moteur planaire magnétique par son extrémité fixée sur le cadre-support.

La description qui va suivre en regard des dessins annexés, donnés à titre d'exemples non limitatifs, fera bien comprendre en quoi consiste l'invention et comment elle peut être réalisée.

- la figure 1 est une vue de côté d'un moteur planaire magnétique conforme à l'invention;
- la figure 2 est une vue de côté d'un premier mode de réalisation d'un élément mobile d'un micro-actionneur de l'invention;
- la figure 3 est une vue de côté d'un micro-actionneur comportant l'élément mobile de la figure 2 associé au moteur planaire magnétique de la figure 1;
- la figure 4 est une vue de côté d'un deuxième mode de réalisation d'un élément mobile d'un micro-actionneur de l'invention;
- la figure 5 est une vue de côté d'un micro-actionneur comportant l'élément mobile de la figure 4 associé au moteur planaire magnétique de la figure 1;
- la figure 6 est une vue en perspective d'un élément mobile muni d'une membrane déformable de compensation de surépaisseur.

Sur la figure 1 est représenté en vue de côté un moteur planaire magnétique 100 constitué de bobines planaires 110, 120 comprenant, chacune, quatre couches de spires, structurées en surface d'un substrat ferromagnétique 130. Chaque bobine 110, 120 comporte en son centre un pôle magnétique 111, 121 en un matériau ferromagnétique tel que du ferronickel FeNi.

Cette structure est en fait un circuit magnétique avec intervalle d'air. Le passage d'un courant à travers les bobines 110, 120 entre une borne 141 d'entrée et une borne 142 de sortie génère un flux 150 dans le circuit magnétique qui se traduit par une force d'attraction au niveau de l'intervalle d'air.

Dans le cas particulier de la figure 1, le circuit magnétique est constitué de deux pôles 111, 121 entourés de bobines 110, 120 dont les spires sont bobinées et connectées entre elles de manière à additionner les flux magnétiques générés par lesdits pôles magnétiques.

Le couplage de cette partie moteur avec un élément mobile forme un micro-actionneur, par exemple une vanne, un relais ou un moteur à lévitation, etc. Les figures 2 et 6 montrent le cas particulier de la réalisation d'un élément mécanique 200 à contact mobile pour un micro-relais.

Cette structure comporte un cadre-support 210 qui, comme l'indique la figure 3, est destiné à être placé sur la surface du substrat ferromagnétique 130 du moteur planaire 100 par l'intermédiaire d'un espaceur 211. Dans l'exemple de la figure 3, l'espaceur 211 est réalisé par un dépôt à la surface du substrat 130 d'un matériau conducteur. La hauteur de l'espaceur 211 permet de contrôler l'intervalle d'air entre le contact fixe 150 aménagé sur la surface du moteur planaire 100 et un contact mobile 220 solidaire d'un noyau ferromagnétique 230, en FeNi par exemple, porté par une lame flexible 240 qui doit être en un matériau ferromagnétique, par exemple en nickel. Une extrémité de ladite lame flexible 240 est fixée au cadre-support 210 et joue le rôle de point fixe pour le bras de levier constitué par la lame 240.

On peut voir sur les figures 2 et 3 que le cadre-support 210 est surmonté d'un substrat 260, qui peut être en silicium lorsqu'il est destiné à accueillir un circuit intégré.

Le substrat 260 peut, selon les applications, être en un matériau transparent (verre) ou ferromagnétique (FeNi ou FeSi).

En utilisant un matériau ferromagnétique comme substrat des deux parties moteur et actionneur, un blindage magnétique du dispositif est assuré. En outre, les substrats peuvent servir de bornes de connexion électrique.

Enfin, ledit cadre-support 210 est rapporté sur l'espaceur 211 par l'intermédiaire de protubérances conductrices 250 selon le procédé de la "puce renversée" ou "flip-chip". L'assemblage peut se faire par des techniques de soudure ou de collage, la condition étant que cette partie soit électriquement conductrice de façon à réaliser un des contacts du micro-relais sur l'autre par-

tie. Par ailleurs, cet assemblage positionné tout autour du dispositif permet d'isoler le contact du micro-relais, de créer une cavité étanche dans laquelle l'ambiance et la pression sont contrôlées. Il n'est donc pas nécessaire de prévoir un couvercle, celui-ci faisant partie intégrante du système du fait de l'assemblage par protubérances.

Dans une variante de l'invention, le contact électrique est effectué, non pas à travers des contacts particuliers mais par l'intermédiaire des pôles magnétiques 111 et 121. Dans ce cas, les connexions avec l'extérieur se font par l'intermédiaire des substrats ferromagnétiques.

Les figures 4 et 5 font apparaître une variante de réalisation de l'élément mécanique à contact mobile obtenu à partir d'un substrat ferromagnétique mince sur lequel on structure un espaceur 311 en matériau isolant ainsi que la lame flexible métallique 340 portant des contacts mobiles 320. Par attaque sélective du dos du substrat selon les lignes en pointillé de la figure 4, on réalise le cadre-support 310 et le noyau ferromagnétique 330. La continuité électrique entre les contacts 150 et 320 du micro-relais est assurée par le fait que la lame flexible 340 conductrice est électriquement reliée à la surface du substrat 130 du moteur planaire magnétique 100 par son extrémité fixe au cadre-support 310.

Revenant par exemple sur le mode de réalisation de la figure 3, on peut constater que, lorsque les deux contacts 150, 220 du micro-relais sont placés en regard et que le relais est fermé, ces deux contacts, en raison de leur épaisseur, vont empêcher le circuit magnétique de se fermer avec un intervalle d'air minimum. C'est pourquoi, afin d'emmagasiner cette surépaisseur, il est prévu, conformément à la figure 6, que le contact mobile 220 de l'élément mécanique 200 soit placé sur une membrane déformable 270 qui peut être réalisée également en nickel. Cette disposition présente deux avantages :

- une bonne fermeture de contact électrique grâce à un transfert de la force magnétique générée par le circuit magnétique;
- une bonne efficacité de circuit magnétique par le fait que l'intervalle d'air est maintenu minimum, et par conséquent, la force magnétique générée est maximale.

Diverses variantes du micro-relais de l'invention peuvent être envisagées. Au niveau de l'actionnement, la commande du relais peut être obtenue par un courant continu appliqué aux bobines planaires 110, 120 ou par l'induction magnétique produite par un aimant permanent.

Par ailleurs, l'utilisation d'aimants permanents, ou d'un matériau localement magnétisable au moyen d'une bobine, peut être prévue pour rendre le système bistable ; c'est-à-dire présentant un état stable en position activée et un état stable en position de repos.

Enfin, l'invention telle que décrite, se prête particu-

lièrement bien à la réalisation de matrices de micro-actionneurs magnétiques sur un même substrat.

# Revendications

1. Moteur planaire magnétique (100), caractérisé en ce qu'il comporte une pluralité de pôles magnétiques (111, 121) en matériau ferromagnétique placés au centre de bobines planaires (110, 120) constituées d'au moins une couche de spires réalisées en surface d'un substrat (150) en matériau ferromagnétique, lesdites spires étant bobinées et connectées entre elles de manière à combiner les flux magnétiques générés à travers lesdits pôles magnétiques (111, 121).

2. Micro-actionneur magnétique comportant un moteur planaire magnétique (100) selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend également un élément mécanique (200; 300) à contact mobile, comportant un cadre-support (210; 310) placé sur ladite surface du substrat ferromagnétique (130) par l'intermédiaire d'un espaceur (211; 311), une lame flexible (240; 340) disposée sensiblement parallèlement à la surface dudit substrat (130) et dont une extrémité est fixée audit cadre-support (210; 310), un noyau (230; 330) en matériau ferromagnétique porté par ladite lame flexible (240; 340), et un contact mobile (220; 320) solidaire dudit noyau ferromagnétique (230; 330), situé en regard d'un contact fixe (150) aménagé sur la surface du substrat (130) dudit moteur planaire magnétique (100).

3. Micro-actionneur magnétique selon la revendication 2, caractérisé en ce que le cadre-support (210, 310) est surmonté d'un substrat (260).

4. Micro-actionneur magnétique selon la revendication 3, caractérisé en ce que les deux substrats (130, 260) sont en matériau ferromagnétique.

5. Micro-actionneur magnétique selon la revendication 2, 3 ou 4, caractérisé en ce que ledit espaceur (211) est réalisé par dépôt à la surface du substrat (130) du moteur planaire magnétique (100) d'un matériau conducteur, ledit cadre-support (210) étant rapporté sur ledit espaceur (211) par l'intermédiaire de protubérances conductrices (250).

6. Micro-actionneur magnétique selon la revendication 4, caractérisé en ce que les pôles magnétiques (111, 121) sont utilisés comme contacts électriques et sont connectés à l'extérieur par l'intermédiaire des substrats ferromagnétiques.

7. Micro-actionneur magnétique selon la revendication 5, caractérisé en ce que ledit espaceur (311)

est en matériau isolant et intégré audit cadre-support (310), ladite lame flexible (340) étant conductrice et électriquement reliée à la surface du substrat (130) du moteur planaire magnétique (100) par son extrémité fixée sur le cadre-support (310).

8. Micro-actionneur magnétique selon l'une quelconque des revendications 2 à 7, caractérisé en ce que ledit contact mobile (220) dudit élément mécanique (200) est placé sur une membrane déformable (270).

9. Micro-actionneur magnétique selon l'une quelconque des revendications 2 à 8, caractérisé en ce qu'il est commandé par un courant continu appliqué auxdites bobines planaires (110, 120).

10. Micro-actionneur magnétique selon l'une quelconque des revendications 2 à 8, caractérisé en ce qu'il est commandé par l'induction magnétique produite par un aimant permanent.

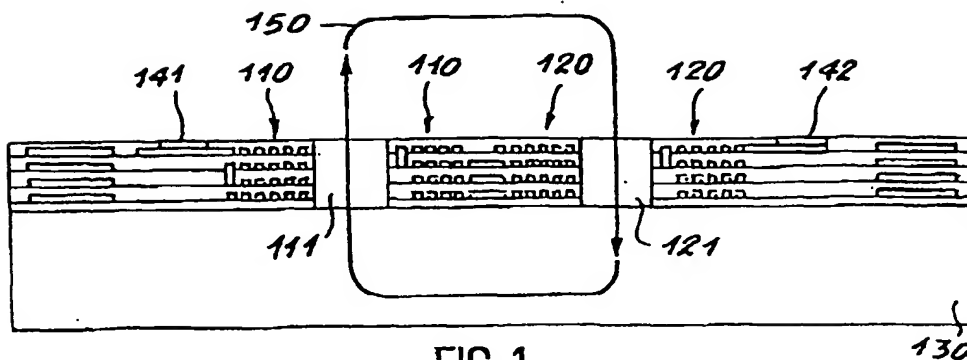


FIG. 1

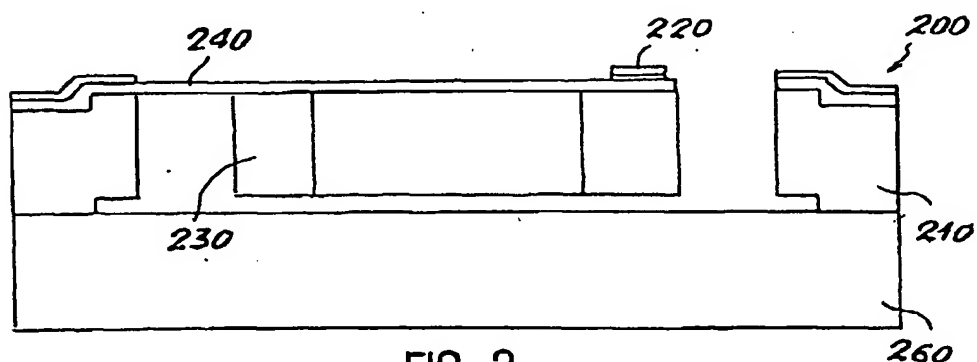


FIG. 2

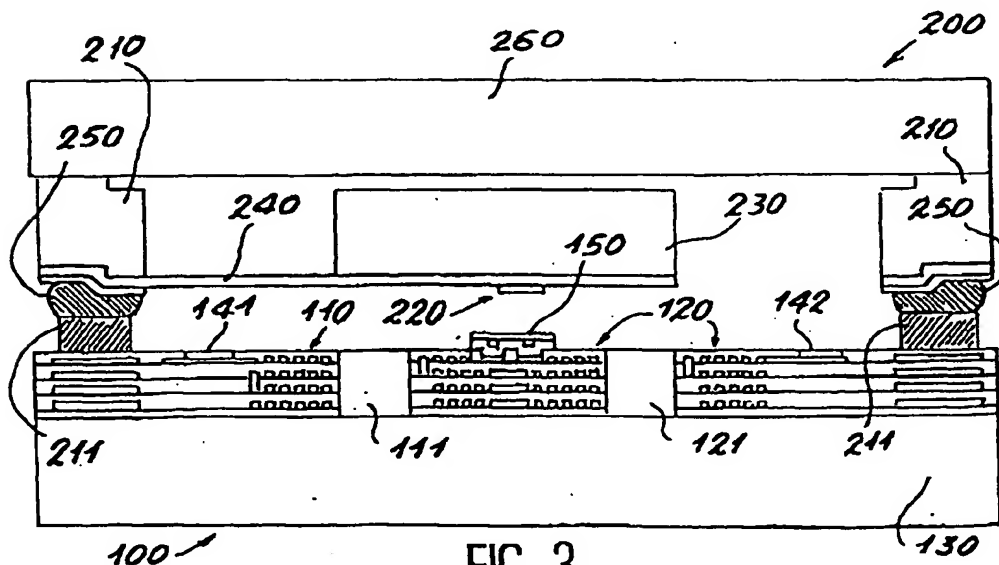


FIG. 3

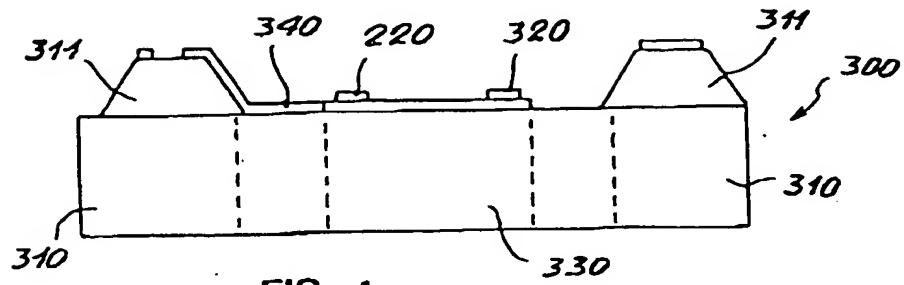


FIG. 4

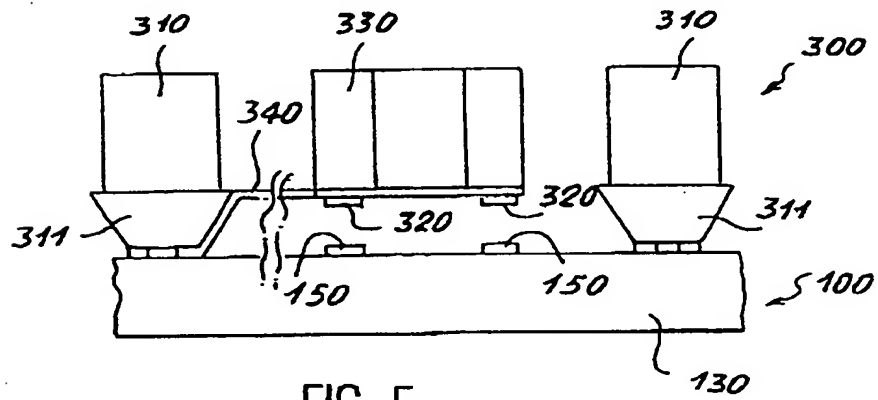


FIG. 5

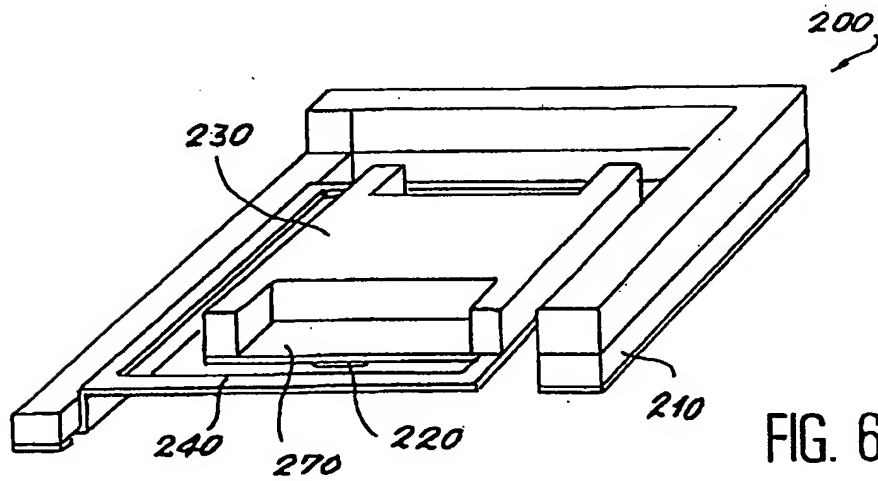


FIG. 6



Office européen  
des brevets

## RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 98 40 0763

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.8)
A	EP 0 573 267 A (SHARP KK) 8 décembre 1993 * colonne 1, ligne 37 - ligne 53 * * colonne 7, ligne 38 - colonne 8, ligne 8; figures 8,13 *	1,2,5,8,9	H01H1/00
A	US 5 472 539 A (SAIA RICHARD J ET AL) 5 décembre 1995 * colonne 7, ligne 53 - colonne 8, ligne 5; figure 7 *	1,2,9,10	
A	US 5 475 353 A (ROSHEN WASEEM A ET AL) 12 décembre 1995 * colonne 1, ligne 65 - colonne 3, ligne 6; figures *	1,2,9,10	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.8)
			H01H F15C
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
LA HAYE		11 juin 1998	Marti Almeda, R
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intermédiaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>			

EPO FORM 1503 03/92 (P4/C02)